

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-219591

(43)Date of publication of application : 06.08.2002

(51)Int.Cl.

B23K 26/04

B23K 26/00

B23K 26/02

G21C 19/02

G21D 1/00

H01S 3/00

(21)Application number : 2001-012680

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 22.01.2001

(72)Inventor : MUKAI SHIGEHICO

YODA MASAKI

SANO YUJI

OKADA SATOSHI

HOZUMI HISASHI

ITO TOMOYUKI

ONO YOSHIAKI

OGISU TATSUKI

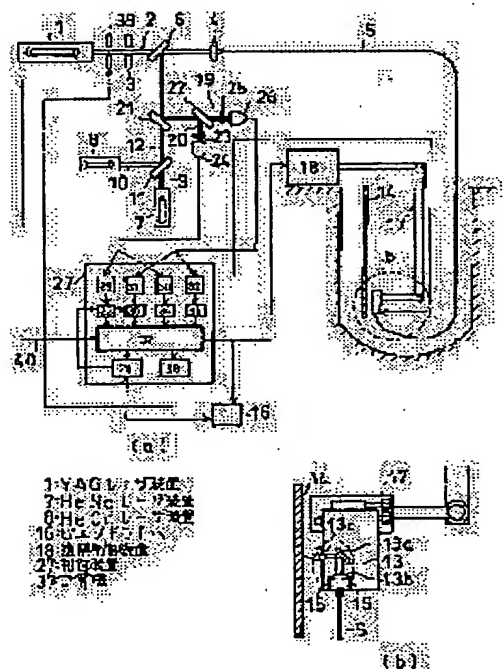
HIROTA KEIICHI

## (54) LASER BEAM IRRADIATION DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser beam irradiation device capable of always irradiating the image of the emitting end of a optical fiber in a state of image formed on the irradiation face in irradiating an irradiation face by transmitting a noncontinuous output type laser beam by an optical fiber.

**SOLUTION:** The device is constituted by providing a main laser device 1 for generating a main laser beam 2, an optical fiber 5 for guiding the main laser beam 1 to the vicinity of a object 14 to be irradiated, an emission optical system 13 for image forming the image of the emission end face of the optical fiber 5 on the surface of the object 14 to be irradiated, a focus position driving mechanism 15 for changing the focus position of the laser beam 2 emitted from the emission optical system 13 into the travelling direction of the laser beam, and a measurement control means 6, 7, 8, 21, 24, 26, 27, etc., for controlling the focus position driving mechanism 15 so as to make the focus of the emission optical system 13 coincide with the surface of the object 14 to be irradiated by acquiring the data on the distance between the surface of the object to be irradiated and the focus position, and arithmetic processing this data.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-219591

(P2002-219591A)

(43) 公開日 平成14年8月6日(2002.8.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
B 2 3 K 26/04		B 2 3 K 26/04	C 4 E 0 6 8
26/00		26/00	M 5 F 0 7 2
26/02		26/02	C
G 2 1 C 19/02		G 2 1 C 19/02	J
G 2 1 D 1/00		H 0 1 S 3/00	B

審査請求 未請求 請求項の数13 OL (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-12680(P2001-12680)

(22) 出願日 平成13年1月22日(2001.1.22)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 向井 成彦

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 依田 正樹

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100087332

弁理士 猪股 祥晃 (外2名)

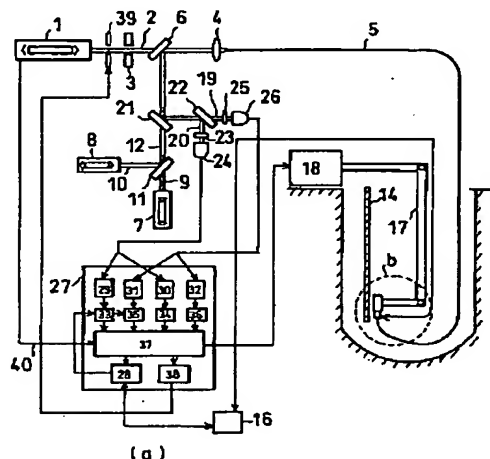
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ光照射装置

(57) 【要約】

【課題】 非連続出力型のレーザ光を光ファイバーで伝送して被照射面に照射する際に、常に光ファイバー出射端の像を被照射面に結像した状態で照射することができるレーザ光照射装置を提供する。

【解決手段】 パルス状または強度変調のかかった主たるレーザ光2を発生する主たるレーザ装置1と、前記主たるレーザ光1を照射すべき対象14の近傍へ導く光ファイバー5と、この光ファイバー5の出射端面の像を前記被照射対象14の表面に結像させる出射光学系13と、この出射光学系13から出射されるレーザ光2の焦点位置をレーザ光の進行方向に変化させる焦点位置駆動機構15と、前記被照射対象表面と前記焦点位置のあいだの距離に関するデータを取得しこの距離データを演算処理して出射光学系13の焦点を被照射対象14表面に一致させるべく焦点位置駆動機構15を制御する測定制御手段(6, 7, 8, 21, 24, 26, 27等)とを備えた構成とする。



1:YAGレーザ装置  
7:HeNeレーザ装置  
8:HeCdレーザ装置  
16:ビームドライバ  
18:追従制御装置  
27:制御装置  
37:計算機

(b)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 パルス状または強度変調のかかった主たるレーザ光を発生する主たるレーザ装置と、前記主たるレーザ光を照射すべき対象の近傍へ導く光ファイバーと、この光ファイバーの出射端面の像を前記被照射対象の表面に結像させる出射光学系と、この出射光学系から出射されるレーザ光の焦点位置をレーザ光の進行方向に変化させる焦点位置駆動機構と、前記被照射対象表面と前記焦点位置のあいだの距離に関するデータを取得してこの距離データを演算処理して前記出射光学系の焦点を被照射対象表面に一致させるべく前記焦点位置駆動機構を制御する測定制御手段とを備えたことを特徴とするレーザ光照射装置。

【請求項2】 測定制御手段は被照射対象の照射すべき範囲の表面形状を測定する表面形状測定手段を備え、前記表面形状に関する情報と現在の照射位置の情報をもとに距離データを算出することを特徴とする請求項1記載のレーザ光照射装置。

【請求項3】 測定制御手段は、主たるレーザ装置から出射される主たるレーザ光の波長と異なる波長のガイドレーザ光を発振するガイドレーザ装置と、波長によって反射率の異なる波長分離ミラーとを備え光ファイバーの入射側に設けられたガイドレーザ光入射光学系と、このガイドレーザ光入射光学系の前記ガイドレーザ装置と前記波長分離ミラーとの間に設けられた半透過ミラーとこの半透過ミラーの反射側に設けられガイドレーザ光の波長のみを選択し検出する波長選択フィルターおよび光検出器とを備えた反射光強度検出装置と、焦点位置駆動機構を揺動させるとともに前記反射光強度検出装置からの光強度変化情報を演算処理して焦点位置を算出する制御装置とを備えたことを特徴とする請求項1記載のレーザ光照射装置。

【請求項4】 焦点位置駆動機構は、微小な範囲を高速で揺動させる焦点揺動機構と、大きな範囲を駆動する焦点駆動機構とを備えたことを特徴とする請求項1記載のレーザ光照射装置。

【請求項5】 出射光学系は光ファイバー出射端から離して設けられた正の焦点距離を持つレンズまたは組合せレンズを有し、焦点揺動機構は、電気歪効果を利用したアクチュエータまたは電磁気力を利用したアクチュエータを有してアクチュエータによって光ファイバ出射端と出射光学系全体を揺動するようにしたことを特徴とする請求項4記載のレーザ光照射装置。

【請求項6】 主たるレーザ光はパルス状であり、測定制御手段は、前記主たるレーザ光の照射のタイミングが出射光学系の焦点が被照射対象表面に合ったときに一致するように出射光学系を揺動させることを特徴とする請求項3記載のレーザ光照射装置。

【請求項7】 主たるレーザ光はパルス状または時間的に強度が変化する変調強度型であり、制御装置は、前記

主たるレーザ光の強度が一定強度以上の間またはパルスレーザ照射中、反射光強度検出装置からの信号に不感処理を施すゲート機能を備えたことを特徴とする請求項3記載のレーザ光照射装置。

【請求項8】 ガイドレーザ入射光学系および反射光強度検出装置は、主たるレーザ光の波長の上および下の波長のものが各1設けられていることを特徴とする請求項3記載のレーザ光照射装置。

【請求項9】 測定制御手段は、被照射対象の表面形状を測定する手段または出射光学系の焦点位置のズレを測定する手段として、超音波距離計または接触式変位計または電磁気式距離計を備えたことを特徴とする請求項1記載のレーザ光照射装置。

【請求項10】 測定制御手段は、被照射対象の表面形状を測定する手段または出射光学系の焦点位置のズレを測定する手段として、光ファイバーの入射側に設けられ主たるレーザ光の波長と異なる波長のガイドレーザ光を発振するガイドレーザ装置と、波長によって反射率の異なる波長分離ミラーとを備えたガイドレーザ光入射光学系と、出射光学系から出射される光の進行方向と異なった角度から照射点のガイドレーザ光による画像を撮影するカメラまたは光位置検出器と、前記カメラで撮影した画像または前記光位置検出器の出力値から出射光学系の焦点の位置ズレ量を計算する計算機とを備えたことを特徴とする請求項1記載のレーザ光照射装置。

【請求項11】 測定制御手段は、複数の方向から被照射対象の表面の画像を撮影する撮像手段と、前記画像を解析して表面形状を数値化する画像処理装置とを備えたことを特徴とする請求項1記載のレーザ光照射装置。

【請求項12】 焦点位置が許容限度内になっているときにのみ開く光学シャッターを主たるレーザ装置と光ファイバー入射端の間に備えたことを特徴とする請求項1記載のレーザ光照射装置。

【請求項13】 出射光学系および焦点位置駆動機構を支持して原子炉炉内構造物にアクセスさせる遠隔機器と、この遠隔機器の動作を遠隔制御する遠隔制御装置とを備えたことを特徴とする請求項1記載のレーザ光照射装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、パルス状または強度変調のかかったレーザ光を発振するレーザ装置から原子炉炉内構造物等の被照射対象物までのレーザ光伝送に光ファイバーを用いたレーザ光照射装置に係り、特に照射点でのビーム径の大きさを厳密に管理することのできるレーザ光照射装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 レーザ光を遠隔に伝送する技術として光ファイバーによる伝送技術がある。特にレーザ加工の分野ではパルス状または強度変調のかかった大出力のレー

ザ光を伝送する必要がある、このために光ファイバーのコア径が大きいステップインデックス型のマルチモード光ファイバーが用いられている。

【0003】このマルチモード光ファイバーは大出力のレーザ光を伝送するには適しているが、一度ファイバーに入射した光がファイバーから出射するとき、コアの部分からコアとクラディングの屈折率差で決まる開口数の影響で広がりながら出射するビームとなる。

【0004】一方、レーザ切断やレーザ衝撃硬化加工では、加工点におけるビーム径を通常、ファイバーのコア径と同程度またはそれ以下に集光する必要がある。そのため集光用レンズを用いてファイバー出射端の像を被照射対象に縮小投影しなければいけない。

【0005】一般的な大出力用光ファイバーは開口数が0.24程度であり、またレーザ衝撃硬化処理を行う場合には縮小率2分の1程度が処理条件になる。この結果、被照射側から見た入射の開口数はファイバー出射側の開口数を縮小率で除した値、すなわち0.48となる。このように大きい開口数で集光を行うため、焦点深度が浅く、照射のスポット径は焦点の位置ズレに対して敏感になる。このために、スポット径を小さくしたまま被照射体表面に照射するには、常に結像位置が被照射体表面にあるように制御しながら照射しなければならない。

【0006】照射するレーザ光が安定な連続光である場合には、特公昭59-44151号公報に開示されている技術が適用可能である。これは、被照射体表面で反射されたレーザ光が伝送用光ファイバーに再入射し、光ファイバー入射端側に逆に伝送されるが、被照射体表面とファイバー出射端とが結像関係にあるとき、戻り光の強度が最大になることを利用したものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述した方法では、伝送すべきレーザ光がパルスであったり、変調がかかっている場合には、戻り光の強度も変化するため、戻り光の強度変化を利用して焦点位置を知ることが困難である。

【0008】本発明は上記課題を解決するためになされたもので、非連続出力型のレーザ光を光ファイバーで伝送して被照射面に照射する際に、常に光ファイバー出射端の像を被照射面に結像した状態で照射することができ

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明のレーザ光照射装置は、パルス状または強度変調のかかった主たるレーザ光を発生する主たるレーザ装置と、前記主たるレーザ光を照射すべき対象の近傍へ導く光ファイバーと、この光ファイバーの出射端面の像を前記被照射対象の表面に結像させる出射光学系と、この出射光学系から出射されるレーザ光の焦点位置をレーザ光の進行方向に変化させる焦点位置駆動機構と、前記被照射対象表面と

前記焦点位置のあいだの距離に関するデータを取得しこの距離データを演算処理して前記出射光学系の焦点を被照射対象表面に一致させるべく前記焦点位置駆動機構を制御する測定制御手段とを備えた構成とする。

【0010】本発明によれば、非連続光出力の主たるレーザ光を照射する際にも、照射位置のズレを常時測定して、常に焦点を合わせるように焦点位置駆動機構をフィードバック制御することで、あらかじめ被照射対象物の表面形状を測定することなしに、レーザ光を照射することができる。

【0011】請求項2の発明は、請求項1のレーザ光照射装置において、測定制御手段は被照射対象の照射すべき範囲の表面形状を測定する表面形状測定手段を備え、前記表面形状に関する情報と現在の照射位置の情報をともに距離データを算出する構成とする。

【0012】本発明によれば、あらかじめ表面形状を測定したうえで、その表面形状に倣って焦点位置駆動機構を動作させることができるため、非連続光出力の主たるレーザ光を照射する際にも、常に照射ビーム径が一定の大きさの条件で被照射面に主たるレーザ光を照射することができる。

【0013】請求項3の発明は、請求項1のレーザ光照射装置において、測定制御手段は、主たるレーザ装置から出射される主たるレーザ光の波長と異なる波長のガイドレーザ光を発振するガイドレーザ装置と、波長によって反射率の異なる波長分離ミラーとを備え光ファイバーの入射側に設けられたガイドレーザ光入射光学系と、このガイドレーザ光入射光学系の前記ガイドレーザ装置と前記波長分離ミラーとの間に設けられた半透過ミラーとこの半透過ミラーの反射側に設けられガイドレーザ光の波長のみを選択し検出する波長選択フィルターおよび光検出器とを備えた反射光強度検出装置と、焦点位置駆動機構を揺動させるとともに前記反射光強度検出装置からの光強度変化情報を演算処理して焦点位置を算出する制御装置とを備えた構成とする。

【0014】本発明によれば、連続出力の安定なガイドレーザ光の反射戻り光を焦点測定に使用するため、非連続光出力の主たるレーザ光を照射する際にも、安定に、焦点ズレを補正しながら、被照射材料に照射することができる。

【0015】請求項4の発明は、請求項1のレーザ光照射装置において、焦点位置駆動機構は、微小な範囲を高速で揺動させる焦点揺動機構と、大きな範囲を駆動する焦点駆動機構とを備えた構成とする。

【0016】本発明によれば、焦点形成位置を小さく高速で揺動させる焦点揺動機構と、大きく変動させる焦点駆動機構を設けているため、制御が簡単になるとともに焦点位置あわせ速度の向上も図ることができる。

【0017】請求項5の発明は請求項4のレーザ光照射装置において、出射光学系は光ファイバー出射端から離

して設けられた正の焦点距離を持つレンズまたは組合せレンズを有し、焦点揺動機構は、電気歪効果を利用したアクチュエータまたは電磁気力を利用したアクチュエータを有してアクチュエータによって光ファイバ出射端と出射光学系全体を揺動するようにした構成とする。本発明によれば、焦点揺動に高速で位置決め精度が高いアクチュエータを用いるため、焦点測定と焦点合わせの精度と速度の向上を図ることができる。

【0018】請求項6の発明は、請求項3のレーザ光照射装置において、主たるレーザ光はパルス状であり、測定制御手段は、前記主たるレーザ光の照射のタイミングが出射光学系の焦点が被照射対象表面に合ったときに一致するように出射光学系を揺動させる構成とする。本発明によれば、焦点ズレの無い状態の時にのみ主たるレーザ光を照射することが可能になるため正確な照射条件で主たるレーザ光を照射することができる。

【0019】請求項7の発明は、請求項3のレーザ光照射装置において、主たるレーザ光はパルス状または時間的に強度が変化する変調強度であり、制御装置は、前記主たるレーザ光の強度が一定強度以上の間またはパルスレーザ照射中、反射光強度検出装置からの信号に不感処理を施すゲート機能を備えた構成とする。本発明によれば、主たるレーザ光の照射によって発生するプラズマ発光やブルーム発光の影響を避けることができるため、焦点位置測定の信頼性が向上する。

【0020】請求項8の発明は、請求項1のレーザ光照射装置において、ガイドレーザ入射光学系および反射光強度検出装置は、主たるレーザ光の波長の上および下の波長のものが各1設けられている構成とする。

【0021】本発明によれば、集光レンズの色収差により、主たるレーザ光と2つのガイドレーザ光の焦点形成位置が異なる事を利用して、主たるレーザ光の焦点測定が可能になるため、測定精度と信頼性を向上することができる。

【0022】請求項9の発明は、請求項1のレーザ光照射装置において、測定制御手段は、被照射対象の表面形状を測定する手段または出射光学系の焦点位置のズレを測定する手段として、超音波距離計または接触式変位計または電磁気式距離計を備えた構成とする。

【0023】本発明によれば、超音波式変位計または接触式変位計または電磁気式変位計によって出射光学系と被照射対象表面の距離を直接測定するため、焦点位置を調整する制御装置を簡略にすることができ、装置の信頼性を高めることができる。

【0024】請求項10の発明は、請求項1のレーザ光照射装置において、測定制御手段は、被照射対象の表面形状を測定する手段または出射光学系の焦点位置のズレを測定する手段として、光ファイバの入射側に設けられ主たるレーザ光の波長と異なる波長のガイドレーザ光を発振するガイドレーザ装置と、波長によって反射率の

異なる波長分離ミラーとを備えたガイドレーザ光入射光学系と、出射光学系から出射される光の進行方向と異なった角度から照射点のガイドレーザ光による画像を撮影するカメラまたは光位置検出器と、前記カメラで撮影した画像または前記光位置検出器の出力値から出射光学系の焦点の位置ズレ量を計算する計算機とを備えた構成とする。

【0025】本発明によれば、光学的に三角測量により距離を測定することができるため、焦点位置を調整する制御装置を簡略にすることができ、装置の信頼性を高めることができる。

【0026】請求項11の発明は、請求項2のレーザ光照射装置において、測定制御手段は、複数の方向から被照射対象の表面の画像を撮影する撮像手段と、前記画像を解析して表面形状を数値化する画像処理装置とを備えた構成とする。本発明によれば、一度の撮影で、その撮影範囲の被照射対象の表面形状を測定することができるため、主レーザ光照射までの時間を短くすることができる。

【0027】請求項12の発明は、請求項1のレーザ光照射装置において、焦点位置が許容限度内になっているときにのみ開く光学シャッターを主たるレーザ装置と光ファイバ入射端の間に備えた構成とする。本発明によれば、焦点位置が許容限度内にあるときのみ照射するため、所定外の条件での照射を避けることができる。

【0028】請求項13の発明は、請求項1のレーザ光照射装置において、出射光学系および焦点位置駆動機構を支持して原子炉炉内構造物にアクセスさせる遠隔機器と、この遠隔機器の動作を遠隔制御する遠隔制御装置とを備えた構成とする。

【0029】本発明によれば、主たるレーザ光による原子炉炉内構造物の検査、補修、予防保全工事等を光ファイバで行うことができ、しかも、照射スポットの大きさを一定の条件に管理できるため、信頼性の高い検査、補修、予防保全等をおこなうことができる。

【0030】

【発明の実施の形態】図1から図7を参照して本発明のレーザ光照射装置の第1の実施の形態を説明する。本実施の形態は、パルスレーザ光を光ファイバを経由して伝送し、原子炉炉内構造物表面に集光照射することにより発生するプラズマ圧力で、材料表面近傍に圧縮応力を生成して、応力腐食割れに対する耐久性を向上させるレーザピーニング施工を行うためのレーザ光照射装置である。

【0031】図1において符号1は、パルス発振レーザの1種であるジャイアントパルス第2高調波出力を持つYAGレーザ装置である。符号2はYAGレーザ装置1から出力されるパルス状のYAGレーザ光である。YAGレーザ光2は、ビーム形状制限用の円形アパーチャ3を通り、円形のビームとして切り出される。切り出され

たYAGレーザ光2は、光ファイバー入射光学系である集光レンズ4を介してコア直径1.2mmのステップインデックス型の光ファイバー5のコア上に縮小して導入される。

【0032】集光レンズ4の手前には、波長532nmのYAGレーザ光を透過し、波長633nmのHeNeレーザ光および波長441nmのHeCdレーザ光を反射するコーティングを施した波長分離ミラーである誘電体多層膜のダイクロイックミラー6を設置してある。一方、連続光出力を有するガイドレーザ装置として、波長633nmで発振するHeNeレーザ装置7および波長441nmで発振するHeCdレーザ装置8が、主レーザであるYAGレーザ装置1の近傍に設置されている。

【0033】HeNeレーザ装置7から出射されるHeNeレーザ光9およびHeCdレーザ装置8から出力されるHeCdレーザ光10は、波長441nmの光を反射し波長633nmの光を透過するコーティングを施した波長分離ミラーである誘電体多層膜のダイクロイックミラー11によりひとつの光軸上に合成されてガイドレーザ光12となる。この合成されたガイドレーザ光12は、ダイクロイックミラー6によりYAGレーザ光2の光軸と重なるように合成され、集光レンズ4により光ファイバー5に導入される。

【0034】光ファイバー5の出射端には1枚の全反射ミラー13aと2枚の凸レンズ13b、13cで構成された出射光学系13が設置されている。この出射光学系13により光ファイバー5の出射端面の像を施工対象である原子炉の炉内構造物14の表面に結像させるようになっている。また、この出射光学系13は縮小倍率2分の1で製作されており、焦点ズレのない状態では、結像したレーザビームのスポット径は直径0.6mmになる。

【0035】凸レンズ13bには電気歪効果を利用して高速で微小な範囲を直線駆動できるピエゾアクチュエータ15が取り付けられており、このピエゾアクチュエータ15にはこれをドライブするピエゾドライバー16が電気接続されている。これによりピエゾドライバー16に入力した信号により、凸レンズ13bの位置を変更修正し、結果として凸レンズ13cに対しての結像位置を変化させる構成となっている。

【0036】これらの出射光学系13は炉内構造物14の任意の位置に遠隔でアクセスできる遠隔機器17に取り付けられている。この遠隔機器17は電動モータ等で駆動されており、遠隔制御装置18の指令により、施工対象である炉内構造物14の近傍に出射光学系13部分を位置決めし、施工対象面と出射光学系13の距離を調整するようになっている。

【0037】ところで、炉内構造物14の表面に照射されたガイドレーザ光12は照射面表面にて散乱反射される。この散乱反射されたHeNeレーザ光9およびHe

Cdレーザ光10の反射光は、それぞれ戻り光19、20として一部が出射光学系13を介して光ファイバー5の出射端に導入される。

【0038】この戻り光19、20を分けて検出するための構成は次のようになっている。すなわち、ダイクロイックミラー6とダイクロイックミラー11の間にクロムをコーティングした半透過ミラー21が設置されている。戻り光19および戻り光20の一部は半透過ミラー21により一部反射されるが、この反射方向にさらに、波長441nmの光を反射し波長633nmの光を透過するコーティングを施した波長分離ミラーである誘電体多層膜のダイクロイックミラー22を設置している。

【0039】ダイクロイックミラー22で光反射される方向には波長441nmの光のみ透過するHeCd干渉フィルタ23および光検出器であるフォトダイオード24が設置されている。一方、ダイクロイックミラー22を透過する方向には、波長633nmの光のみ透過するHeNe干渉フィルタ25およびフォトダイオード26が設置されている。フォトダイオード24およびフォトダイオード26からの出力線は制御装置27に接続されている。

【0040】制御装置27には、ピエゾドライバー16をサイン波で駆動する発振器28と、フォトダイオード24、26の出力から発振器28の発振周波数の光強度変化成分だけを取り出すフィルタ29、31と、発振器28の発振周波数の2倍の周波数の成分のみフォトダイオード24、26の出力から取り出すフィルタ30、32が備えられている。

【0041】フィルタ29、31には、それぞれから出力される信号と発振器28の発振波形との位相差を測定する位相差検出器33、35がそれぞれ接続されている。また、フィルタ30、32には、それぞれから出力される強度を検出する二乗検波器34、36がそれぞれ接続されている。

【0042】さらに、位相差検出器33、35からの位相差情報および二乗検波器34、36からの2倍波強度から焦点ズレ位置情報を演算処理する計算機37が接続されており、この計算機37により焦点位置のズレ量を評価した情報は遠隔制御装置18に伝えられるように接続されている。計算機37はまた、焦点ズレ量が設定の範囲を超えたときにYAGレーザ光2の光路上のシャッタ39を制御するシャッタードライバー38にも接続されている。

【0043】また、YAGレーザ装置1はパルス発振に同期した信号を有する同期出力40を出力するが、この同期出力40は計算機37に取り入れられるように接続されている。以上のような構成の本発明の第1の実施の形態のレーザ光照射装置の動作および効果を次に説明する。

【0044】照射する光はYAGレーザ装置1において



パルス発振され、ここから出射されるパルス状のYAGレーザ光2は円形アパーチャ3と集光レンズ4で構成される入射光学系により光ファイバー5に導入される。導入されたレーザ光2は光ファイバー5の出射端より出力され、凸レンズ13b、13cおよび全反射ミラー13aで構成される出射光学系13により再度集光される。

【0045】この出射光学系13は遠隔機器17に取り付けられており、被照射対象である炉内構造物14に対して任意の位置に設置され、被照射対象の任意の範囲を走査し照射することができる。また、この遠隔機器17には出射光学系13と被照射対象間の距離を変化させることのできる動作軸を備えており、焦点位置駆動機構としての動作もおこなう。

【0046】一方、焦点位置のズレを測定する手段として、本実施の形態では、図1中、ダイクロイックミラー6、HeNeレーザ装置7、HeCdレーザ装置8、ダイクロイックミラー11で構成されたガイドレーザ光12の入射光学系と、ピエゾアクチュエータ15とピエゾドライバー16で構成された焦点揺動機構と、戻り光19、20を分別して検出するための半透過ミラー21以降フォトダイオード24、26までの反射光検出系と、これから演算処理して焦点ズレ量を測定する制御装置27が用いられる。

【0047】この焦点ズレを測定する手段を用いて測定した焦点のズレ量を遠隔制御装置18に送り、遠隔機器17を駆動して、常に焦点が外れない状態にフィードバック制御する。

【0048】このように動作させることで、YAGレーザ光2を、被照射体である炉内構造物14の表面上に、光ファイバー5の出射端の像を結像させた状態で照射することが可能になる。

【0049】上記のような焦点ズレ量の測定において、HeNeレーザ光のみをガイドレーザとして適用した場合の動作は次のようになる。すなわち、HeNeレーザ装置7から出射されるHeNeレーザ光9は入射光学系を介して光ファイバー5に入射する。光ファイバー5の出射端から出射するHeNeレーザ光9は出射光学系13を介して被照射対象である炉内構造物14に照射される。この照射面でHeNeレーザ光9は散乱反射するが、その反射光の一部は出射光学系13を介して光ファイバー5の出射端面に再度入射して戻り光19となる。この戻り光19は、光ファイバー5の入射端に戻り、入射光学系を介して、反射光検出系に設けられたフォトダイオード26に入射する。

【0050】このフォトダイオード26で捕らえられる戻り光19の強度と焦点ズレとの関係について図2を用いて説明する。図2の横軸は被照射体である炉内構造物14表面と結像面との位置関係である焦点ズレ量を示す。すなわち、この焦点ズレ量がゼロのとき、被照射体表面位置に結像面があることを示す。これが正の方向に

ずれているときは結像面の手前に被照射体が位置し、負の場合は逆に被照射体の手前に結像面が位置することになる。

【0051】図2の縦軸は戻り光の強度を示す。図中、符号41は戻り光19の強度を示し、符号42はYAGレーザ光2の戻り光の強度を示す。戻り光19の強度は、光ファイバー5の出射端面の像が被照射体である炉内構造物14表面上に結像する位置関係のとき最大になる。すなわち、この戻り光19の強度が最大になる点を探すことが焦点ズレ量をゼロにすることになる。

【0052】この最大点を調べるのは、焦点位置を微小揺動させることによって行う。すなわち、制御装置27に設けられた発振器28の信号により、ピエゾドライバー16を介してピエゾアクチュエータ15を駆動する。その結果、凸レンズ13bが揺動し、結果として結像位置も揺動変化する。

【0053】ところで、制御速度が遅い場合には特にピエゾアクチュエータ15による焦点位置の微小揺動は必ずしも必要でなく、遠隔装置17に取り付けられた出射光学系13と被照射対象間の距離を変化させる動作軸によって微小揺動を行ってもよいが、本実施の形態では、正確かつ高速に動作させることが可能なピエゾアクチュエータ15を揺動機構に別個に設けているため、制御速度を速くできる効果と焦点ズレの測定精度を向上させる効果、および制御を簡便にする効果がある。

【0054】さて、この結像位置の揺動によって戻り光19の強度も変化を受けるが、この戻り光19の強度変化の発振器28の周波数と同じ基本波成分と2倍波成分に着目して焦点位置ズレの検出を行う。

【0055】この目的で、フォトダイオード26からの信号は基本波のフィルター31と2倍波のフィルター32とに分岐して入れられる。基本波のフィルター31からの出力は、さらに、発振器28の信号と比較して、位相差を検出する位相差検出器35に入力される。また、2倍波のフィルター32から出力された信号は、さらに、二乗検波器36をとおり2倍波成分の強度として出力される。

【0056】この戻り光19の強度の変化と結像位置揺動の変化の位相関係について図3を用いて説明する。図3の横軸は揺動の中心位置を示し、縦軸は位相差検出器35からの出力である位相差を示す。揺動の中心位置がゼロの点では、ちょうど光ファイバー5の出射端と被照射体表面との関係が結像関係にあるとき、すなわち、焦点ズレ量がゼロである点を中心に揺動している状態を示す。中心からずれている場合には、ずれている方向に応じてこの位相差は正または負に変化する。すなわち、この位相差情報により焦点ズレがどの程度か知ることができる。

【0057】揺動中心位置と戻り光19の基本波成分の強度との関係を図4(a)に示す。図4(a)の横軸は



揺動中心の位置であり、ゼロのときに光ファイバー5の出射端面と被照射体の表面の関係が結像関係になっていることを示す。図4(a)の縦軸は、戻り光19の基本波成分強度であり、この様に、揺動中心がちょうど焦点の合っている状態近傍になると、基本波成分の強度がゼロに近づくため、発振器28との位相差情報を得るのが困難になり、大きく焦点ズレが発生した場合との区別が困難となる。

【0058】図4(b)に揺動中心位置と二乗検波器36の出力強度との関係を示す。この図からわかるように、基本波成分の場合と逆に、2倍波成分の強度は揺動中心位置がゼロのとき、すなわち、ちょうど焦点が合っているときに、最大になる。計算機37では、これらの情報を位相差情報と補完的に分析することによって、正確に焦点ズレを把握する。計算機37で把握された焦点ズレ量の信号は遠隔制御装置18に送られ、遠隔機器17を駆動して、常に焦点が外れない状態にフィードバック制御する。

【0059】以上のように動作するため、すなわち、安定なガイドレーザ光12の反射戻り光を焦点測定に使用するため、非連続光出力のYAGレーザ光2を照射する際にも、安定に、焦点ズレを補正しながら、被照射材料に照射することができる。

【0060】また、正確かつ高速に動作させることが可能なピエゾアクチュエータ15を揺動機構に設けているため、制御速度を速くできる効果と焦点ズレの測定精度を向上させる効果、および制御を簡便にする効果がある。

【0061】本実施の形態では、出射光学系13は基本的に常に、焦点ズレが無い状態を中心に微小に揺動している。この揺動幅が、焦点深度の範囲内であれば特に問題無いが、揺動幅を小さくすることは、戻り光強度の変調深度が浅くなるため、焦点測定の精度を低下させる場合がある。

【0062】これに対して、本実施の形態では、YAGレーザ装置1のパルス発振のタイミングと出射光学系13が揺動中心位置を横切るタイミングとを同期させるようにしている。すなわち、YAGレーザ装置1のパルス発振の繰り返し周波数の整数倍に発振器28の周波数を合せている。このときYAGレーザ装置1からの同期信号は制御装置27内の計算機37に取り込まれ、このタイミングに発振器28のゼロクロスのタイミングが合うように、計算機37は発振器28の位相を制御するようにしている。

【0063】このように動作するため、常に焦点の揺動の中心位置においてYAGレーザ装置1はパルス発振するので、揺動幅を大きくした場合においても、焦点ズレの無い状態でYAGレーザ光2を照射することができる。

【0064】被照射体にYAGレーザ光2を照射したと

き、強いプラズマ光が照射点で発生するが、このプラズマ光は戻り光19と同様に光ファイバー5に入射し、最終的にはフォトダイオード26まで到達する。その結果、制御装置27には、戻り光以外のノイズ光として取り込まれるが、計算機37には、YAGレーザ装置1のパルス発振の瞬間のみ、信号をマスクして不感にするゲート機能を備えている。

【0065】これにより、プラズマ発光の影響を避け、焦点合わせの精度を向上させるとともに、誤動作が起きにくくできるので、装置の信頼性を向上させることができる。同様の機能として、ダイクロミックミラー22から計算機37までの間に同期出力40からの同期信号で動作する光学シャッターまたは電氣的ゲート回路を設けてもよい。

【0066】本実施の形態においては、ガイドレーザ光12の光源にはHeNeレーザ装置7の他にHeCdレーザ装置8を同時に用いている。ガイドレーザ光12を1つだけにして適用した場合にも、焦点距離測定等は可能であるが、その場合には、出射光学系13の色収差を十分に低減して、ガイドレーザ光12での焦点測定と実際に照射すべきYAGレーザ光2の焦点測定の色収差による影響を避けるようにする必要がある。また色収差の問題を回避しても、単色のガイドレーザ光のみを使用する場合には、ちょうど焦点ズレの無い状態のときに位相差による位置ズレ評価が最も困難になるという問題がある。

【0067】このため本実施の形態では、照射すべきYAGレーザ光2の波長に対して概ね100nm波長の長い光を発振するHeNeレーザ装置7と逆に概ね100nm波長の短い光を発振するHeCdレーザ装置8を用い、さらに、あえて色収差のある出射光学系13を用いている。

【0068】この作用について図5、図6および図7を参照して次に説明する。図5は横軸を焦点ズレ量とし、縦軸を戻り光の強度で表してある。焦点ズレ量がゼロの点は、照射すべきYAGレーザ光2において出射光学系13により光ファイバー5の出射端と被照射体である原子炉の炉内構造物14表面が結像関係にある場合である。図5中、符号43はYAGレーザ光の戻り光強度を表している。符号44はHeNeレーザ光9の戻り光19の強度である。また、符号45はHeCdレーザ光10の戻り光強度である。

【0069】このように出射光学系13の色収差により、照射すべき波長において焦点ズレが無い状態では、戻り光強度の最大値を得る焦点ズレ量は、HeNeレーザ光波長ではプラス側に、HeCdレーザ光波長ではマイナス側にずれている。

【0070】このことから、戻り光の強度変化と発振器28の出力との位相差は図6のようになる。図6の横軸は出射光学系13の揺動の中心位置であり、0の点は、

10

20

30

40

50

照射すべきYAGレーザ光2において出射光学系13により光ファイバー5の出射端と被照射体である炉内構造物14表面が結像関係にある点を中心にして揺動している場合である。符号46はHeNe戻り光19の位相差であり、位相差検出器35からの出力にあたる。また、符号47はHeCd戻り光20の発振器28出力に対する位相差であり、位相差検出器33からの出力にあたる。

【0071】この図から明らかなように、YAGレーザ光2の焦点位置ズレがゼロであるときにおいても、HeNeレーザ光の波長およびHeCdレーザ光の波長においては、焦点ズレ量がゼロではないので、それぞれ位相差が正、および負になっている。すなわち、計算機37は、HeNeの位相差およびHeCdレーザ光の位相差がそれぞれ正になっている場合、焦点位置が正にずれていると判断し、逆にそれぞれの位相差が負にある場合、焦点位置が負にずれているものと判断する。

【0072】図7に、HeNeレーザ光の戻り光19およびHeCdレーザ光の戻り光20の揺動周波数の基本波成分における強度と揺動中心位置の関係を示す。符号48はHeNeレーザ光の戻り光基本波強度を示し、符号49はHeCdレーザ光の戻り光基本波強度を示している。この図からわかるように、焦点位置にズレが無い場合、すなわち揺動中心がゼロの場合においても、HeNeレーザ光およびHeCdレーザ光の位相差は、それぞれ、正および負の点にあるため、それぞれの基本波成分の強度も最弱の状態ではないので、安定した位置ズレ信号を得ることができる。

【0073】ふたつのガイドレーザ光はこのように作用するため、ひとつのガイドレーザ光を使用しているときと比較して、より安定して焦点のズレを測定できるので、照射面の品質を一定にすることができる。

【0074】また本実施の形態においては、常に光ファイバー5の出射端の像を被照射体である炉内構造物14の表面に結像した状態、すなわち、焦点ズレの無い状態でYAGレーザ光2を照射しつづけることができるが、急激な振動などにより瞬間的に制御が追いつかず、焦点ズレの発生することがありうる。本実施の形態では、焦点ズレが許容の範囲を超えていることを計算機37が検知した場合には、瞬時に、シャッタードライバー38を経由して、シャッター39を閉にする動作を行うようになっている。このように作用するため、常に、焦点のズレの無い状態でのみ照射することができ、照射面の品質を一定にすることができる。

【0075】さらに本実施の形態においては、出射光学系13は遠隔機器17に取り付けられているため、炉内構造物14の任意の位置においてYAGレーザ光2を照射することができる。またこのとき、照射するレーザ光の特性を変えることにより、炉内構造物14の切断や溶融や応力改善等の加工をおこなうことができる。

【0076】これらの各種加工に対して重要な加工パラメータとして照射点のスポットの大きさがあげられるが、レーザピーニングによる応力改善を目的とする場合には、YAGレーザ光2の特性は、パルス発振の繰返し速度は1秒あたり120パルスであり、パルス幅が半値全幅で概ね7ns、パルスエネルギーが概ね200mJとするのがよい。応力改善の条件としての照射スポットの直径は0.6mmから、1.2mmまでが好適な範囲である。

【0077】本実施の形態では光ファイバー5はコア直径1.2mmを用いており、出射光学系13の縮小率は2分の1としてあるので、焦点ズレの無い状態で、スポット径は直径0.6mmになっている。焦点ズレがあるような位置関係になった場合、照射面でのスポット径は大きくなるが、本実施の形態では上述のように作用しているため、常に光ファイバー5の出射端面の像を炉内構造物14の表面上に焦点ズレ無く結像させた状態に調整しながら照射することができる。

【0078】本実施の形態のレーザ光照射装置は以上のように動作するため、レーザ光による原子炉炉内構造物の補修、予防保全工事を光ファイバーを用いたレーザ光で行うことができる。しかも、照射スポットの大きさを一定の条件に管理できるため、信頼性の高い原子炉炉内構造物の補修、予防保全を行うことができる。

【0079】なお、この第1の実施の形態のレーザ光照射装置におけるピエゾアクチュエータ15とピエゾドライバ16の代りにボイスコイルやガルバノメータ等の電磁気アクチュエータを採用してもよい。

【0080】次に本発明の第2の実施の形態のレーザ光照射装置の構成および作用効果を図8を参照して説明する。本実施の形態のレーザ光照射装置は、迅速に被照射材62に照射用レーザ光52の焦点を合わせて照射することができるように、表面形状計測センサ57により収集した被照射材62の表面形状計測データから、最適な焦点位置になるように制御装置58によって焦点位置駆動機構55を制御する。

【0081】符号51は被照射材62に照射するレーザ光を発生させるレーザ装置であり、このレーザ装置51によって発振した照射用レーザ光52を、集光レンズ53、光ファイバー54を介して、焦点位置駆動機構55に設けられた集光レンズ56へ伝送し、集光レンズ56から被照射材62に照射する。

【0082】焦点位置駆動機構55は、集光レンズ56を取付けた集光レンズ取付け治具64をZ軸駆動用アクチュエータ60で上下方向(Z軸方向)に駆動させて被照射材62に焦点を合わせる調整ができる構成としている。なお、この集光レンズ取付け治具64は、上下方向のみ移動可能で水平方向は固定してある。

【0083】照射用レーザ光52による被照射材62の照射は、被照射材62を被照射材支持台63に取付けた

状態で行う。被照射材支持台 63 は XY ステージ 66 に取付けられ、被照射材 62 を水平方向（X 軸方向および Y 軸方向）に移動させる。被照射材 62 の任意の位置、エリアへの照射は、XY ステージ 66 付きの被照射材支持台 63 を水平方向に移動させることによって行う。

【0084】被照射材 62 と集光レンズ 56 とのあいだの距離計測は、集光レンズ取付け治具 64 に取付けられた表面形状計測センサ 57 を用いて行う。表面形状計測センサ 57 は、被照射材 62 表面の凸凹形状を定量的に計測するもので、スキャン式レーザ距離計を用い、このスキャン式レーザ距離計で検出した距離データを信号処理器 59 で定量的な凸凹形状データに変換し、制御装置 58 へ入力する構成としている。

【0085】制御装置 58 は、XY ステージドライバ 65 を介して XY ステージ 66 を移動制御し、また、信号処理器 59 から出力される被照射材 62 の表面形状計測データから集光レンズ取付け治具 64 の Z 軸方向の移動量を算出し、被照射材 62 への焦点距離が最適になるように焦点位置駆動機構用ドライバ 61 および Z 軸駆動用アクチュエータ 60 を介して集光レンズ取付け治具 64 の位置制御を行う。

【0086】この第 2 の実施の形態によれば、レーザ照射前にあらかじめ表面形状計測センサ 57 を用いて被照射材 62 の表面の凸凹形状のデータを収集しておくことによって、制御装置 58 でその凸凹形状に沿って自動的に焦点位置駆動機構 55 を駆動しながら連続的な照射処理が可能となり、非連続光出力のレーザ光を照射する際にも、常に照射ビーム径が一定の大きさの条件で被照射面にレーザ光を照射することができる。また、レーザ光の照射と表面形状計測センサの形状計測を行うタイミングを調整することによって、連続的な照射処理を行うことができる。

【0087】次に本発明のレーザ光照射装置の第 3 の実施の形態を図 9 を参照して説明する。この実施の形態は、被照射材 62 の表面形状を測定する手段として接触式変位計 77 を用いたものである。

【0088】図中符号 71 は、被照射材 62 に照射する YAG レーザ光 72 を発生させる YAG レーザ装置である。YAG レーザ装置 71 によって発振した YAG レーザ光 72 を、集光レンズ 73、ステップインデックス型光ファイバー 74 を介して、焦点位置駆動機構 55 に設けられた集光レンズ 76 へ伝送し、集光レンズ 76 から被照射材 62 に照射する。

【0089】焦点位置駆動機構 55 は、集光レンズ 76 を取付けた集光レンズ取付け治具 64 を Z 軸駆動用アクチュエータ 60 で上下方向（Z 軸方向）に駆動させて被照射材 62 に焦点を合わせる調整ができる構成としている。なお、この集光レンズ取付け治具 64 は、上下方向のみ移動可能で水平方向は固定してある。

【0090】YAG レーザ光 72 による被照射材 62 の

照射は、被照射材 62 を被照射材支持台 63 に取付けた状態で行う。被照射材支持台 63 は XY ステージ 66 に取付けられ、被照射材 62 を水平方向（X 軸方向および Y 軸方向）に移動させる。被照射材 62 上の任意の位置、エリアへの照射は、制御装置 58 から XY ステージドライバ 65 を介した移動制御で XY ステージ 66 を水平方向に移動させることによって行う。

【0091】接触式変位計 77 は、集光レンズ 76 を取付けて Z 軸（上下）方向に移動する集光レンズ取付け治具 64 に取り付けられている。接触式変位計 77 で検出した距離データは、信号処理器 79 を介して、制御装置 58 へ入力される。

【0092】制御装置 58 は、被照射材 62 を取付けられた被照射材支持台 63 を載置し水平方向に移動する XY ステージ 66 を移動制御し、また、接触式変位計 77 から照射位置までの距離データを取り込んで集光レンズ取付け治具 64 の位置制御を行う。照射する前に予め、XY ステージ 66 を水平移動させて接触式変位計 77 によって距離データを収集することによって、被照射材 62 の表面形状を求める。予め求めた被照射材 62 の表面形状を用いることによって、制御装置 58 は、XY ステージドライバ 65 を介して XY ステージ 66 を移動制御し、被照射材 62 への焦点距離が最適になるように集光レンズ取付け治具 64 の位置制御を自動的に行う。

【0093】この第 3 の実施の形態によれば、接触式変位計 77 を採用した表面形状計測センサを用いてレーザ光照射前にあらかじめ被照射材 62 の表面の凸凹形状のデータを収集しておくことによって、制御装置 58 でその凸凹形状に沿って自動的に焦点位置駆動機構 55 を駆動しながら連続的な照射処理が可能となり、非連続光出力のレーザ光を照射する際にも、常に照射ビーム径が一定の大きさの条件で被照射面にレーザ光を照射することができる。

【0094】また、集光レンズ 76 と接触式変位計 77 の位置関係は一定であるので、照射処理と被照射材 62 の表面形状の測定を並行して行い、連続的に逐次測定した表面形状位置に合わせた照射処理を行うこともできる。

【0095】次に本発明のレーザ光照射装置の第 4 の実施の形態を図 10 を参照して説明する。この実施の形態は、被照射材 62 の表面形状を測定する手段として超音波距離計 81 を用いたものである。

【0096】超音波距離計 81 は、集光レンズ 76 を取付けて Z 軸（上下）方向に移動する集光レンズ取付け治具 64 に取付けられている。超音波距離計 81 で検出した距離データは、信号処理器 82 を介して、制御装置 58 へ入力される。その他の構成は前記第 3 の実施の形態と同じである。

【0097】制御装置 58 は、被照射材 62 を取付けられた被照射材支持台 63 を載置し水平方向に移動する X

Yステージ66を移動制御し、また、超音波距離計81から照射位置までの距離データを取り込んで集光レンズ取付け治具64の位置制御を行う。照射する前に予め、XYステージ66を水平移動させて超音波距離計81によって距離データを収集することによって、被照射材62の表面形状を求める。予め求めた被照射材62の表面形状を用いることによって、制御装置58は、XYステージドライバ65を介してXYステージ66を移動制御し、被照射材62への焦点距離が最適になるように集光レンズ取付け治具64の位置制御を自動的に行う。

【0098】この第4の実施の形態によれば、超音波距離計81を採用した表面形状計測センサを用いてレーザ光照射前にあらかじめ被照射材62の表面の凸凹形状のデータを収集しておくことによって、制御装置58でその凸凹形状に沿って自動的に焦点位置駆動機構55を駆動しながら連続的な照射処理が可能となり、非連続光出力のレーザ光を照射する際にも、常に照射ビーム径が一定の大きさの条件で被照射面にレーザ光を照射することができる。

【0099】また、集光レンズ76と超音波距離計81の位置関係は一定であるので、照射処理と被照射材62の表面形状の測定を並行して行い、連続的に逐次測定した表面形状位置に合わせた照射処理を行うこともできる。

【0100】次に本発明のレーザ光照射装置の第5の実施の形態を図11を参照して説明する。この実施の形態においては、被照射材62の表面形状を測定する手段として、可視光のガイドレーザ光91をYAGレーザ光72と同じ伝送経路を通して被照射材62に照射し、カメラ86、フィルタ87および画像信号処理装置88を用いて被照射材62の表面形状を測定する。ガイドレーザ光91は、ガイドレーザ装置89で発振され、反射ミラー90と誘電体多層膜からなるダイロイックミラー92によってYAGレーザ光72の伝送路に導かれる。

【0101】YAGレーザ光72を発振し伝送し被照射材62に照射するための構成と、集光レンズ取付け治具64を上下方向に駆動するための構成と、XYステージ66を水平面で移動させるための構成は、前記第3の実施の形態および第4の実施の形態と同じである。

【0102】フィルタ87を取付けたカメラ86は、集光レンズ76を取付けてZ軸（上下）方向に移動する集光レンズ取付け治具64に取り付けられている。カメラ86は、選択した波長の光のみを通過するフィルタ87を取付けており、ガイドレーザ光91のみを撮影した画像信号を出力する。カメラ86で撮像した画像信号は、画像信号処理装置88に入力され、三角測量の原理に基づいて照射位置までの距離を求める。そして画像信号処理装置88で求められた照射位置までの距離データは制御装置58に入力される。

【0103】制御装置58は、被照射材62を取付けら

れた被照射材支持台63を載置し水平方向に移動するXYステージ66を移動制御し、また、画像信号処理装置88で求められた照射位置までの距離データを取り込んで集光レンズ取付け治具64の位置制御を行う。照射する前に予め、XYステージ66を水平移動させて画像信号処理装置88によって距離データを収集することによって、被照射材62の表面形状を求める。予め求めた被照射材62の表面形状を用いることによって、制御装置58は、XYステージドライバ65を介してXYステージ66を移動制御し、被照射材62への焦点距離が最適になるように集光レンズ取付け治具64の位置制御を自動的に行う。

【0104】この第5の実施の形態によれば、レーザ光照射前にあらかじめ、カメラ86、フィルタ87および画像信号処理装置88を用いて被照射材62の表面の凸凹形状のデータを収集しておくことによって、制御装置58でその凸凹形状に沿って自動的に焦点位置駆動機構55を駆動しながら連続的な照射処理が可能となり、非連続光出力のレーザ光を照射する際にも、常に照射ビーム径が一定の大きさの条件で被照射面にレーザ光を照射することができる。

【0105】また、画像信号処理装置88による被照射材62の表面の凸凹形状データの導出は高速（1/30秒以下）で行うことが可能であるため、オンラインでの連続的な照射処理が可能となる。

【0106】次に本発明のレーザ光照射装置の第6の実施の形態を図12を参照して説明する。この実施の形態は、被照射材62の表面形状を測定する手段として、ステレオカメラ96a、96bと照射レーザ光の反射光の影響を防ぐフィルタ97と画像処理器98を用いたものである。

【0107】YAGレーザ光72を発振し伝送し被照射材62に照射するための構成と、集光レンズ取付け治具64を上下方向に駆動するための構成と、XYステージ66を水平面で移動させるための構成は、前記第3の実施の形態から第5の実施の形態までと同じである。

【0108】ステレオカメラ96a、96bは、集光レンズ76を取付けてZ軸（上下）方向に移動する集光レンズ取付け治具64に取り付けられている。ステレオカメラ96a、96bで撮影した画像信号は、画像処理器98で、左右の画像の対応付けと左右の画像の視差値の距離への変換処理を行い、被照射材62の表面の凸凹形状データを導出する。

【0109】制御装置58は、被照射材62を取付けられた被照射材支持台63を載置し水平方向に移動するXYステージ66を移動制御し、また、画像処理器98で導出した照射位置までの距離データを取り込んで集光レンズ取付け治具64の位置制御を行う。照射する前に予め、XYステージ66を水平移動させてステレオカメラ96a、96bで画像を撮影し、画像処理器98で距離

データを導出することによって、被照射材 6 2 の表面形状を求めておく。予め求めた被照射材 6 2 の表面形状を用いることによって、制御装置 5 8 は、XY ステージドライバ 6 5 を介して XY ステージ 6 6 を移動制御し、被照射材 6 2 への焦点距離が最適になるように集光レンズ取付け治具 6 4 の位置制御を自動的に行う。

【0110】この第 6 の実施の形態によれば、照射前にあらかじめステレオカメラ 9 6 a、9 6 b で画像を撮影し、画像処理器 9 8 で距離データを導出し、被照射材 6 2 の表面の凸凹形状データを収集しておくことによつて、制御装置 5 8 でその凸凹形状に沿って自動的に焦点位置駆動機構 5 5 を駆動しながら連続的な照射処理が可能となり、非連続光出力のレーザ光を照射する際にも、常に照射ビーム径が一定の大きさの条件で被照射面にレーザ光を照射することができる。

#### 【0111】

【発明の効果】本発明のレーザ光照射装置によれば、非連続出力型のレーザ光を光ファイバーで伝送して被照射面に照射する際に、常に光ファイバー出射端の像を被照射面に結像した状態で照射することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態のレーザ光照射装置を示し、(a) は全体図、(b) は (a) の b 部拡大図。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態のレーザ光照射装置における出射光学系の焦点位置のズレ量に対する HeNe ガイドレーザの戻り光強度の関係を示す曲線図。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態のレーザ光照射装置における焦点位置の揺動の中心位置に対する焦点位置の揺動の位相と HeNe ガイドレーザ光の揺動の位相との差を示す曲線図。

【図 4】(a) は、本発明の第 1 の実施の形態のレーザ光照射装置における焦点位置の揺動の中心位置に対する HeNe ガイドレーザの戻り光の揺動周波数成分の強度を示す図、(b) は同上の 2 倍波成分の強度を示す図。

【図 5】本発明の第 1 の実施の形態のレーザ光照射装置における焦点のズレ量に対する YAG レーザ光、HeNe ガイドレーザ光および HeCd ガイドレーザ光の戻り光強度を示す図。

【図 6】本発明の第 1 の実施の形態のレーザ光照射装置における焦点位置の揺動の中心位置に対する焦点位置の揺動の位相と HeNe ガイドレーザ光および HeCd ガイドレーザの揺動の位相との差を示す曲線図。

【図 7】本発明の第 1 の実施の形態のレーザ光照射装置における焦点位置の揺動の中心位置に対する HeNe ガイドレーザおよび HeCd ガイドレーザの戻り光の揺動周波数成分の強度を示す図。

【図 8】本発明の第 2 の実施の形態のレーザ光照射装置

を示す図。

【図 9】本発明の第 3 の実施の形態のレーザ光照射装置を示す図。

【図 10】本発明の第 4 の実施の形態のレーザ光照射装置を示す図。

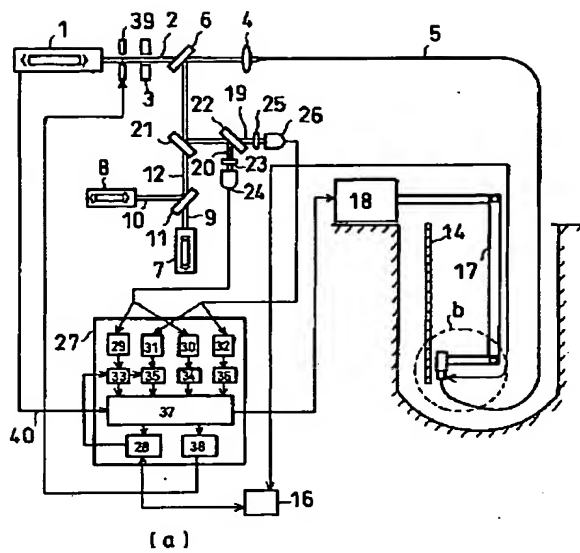
【図 11】本発明の第 5 の実施の形態のレーザ光照射装置を示す図。

【図 12】本発明の第 6 の実施の形態のレーザ光照射装置を示す図。

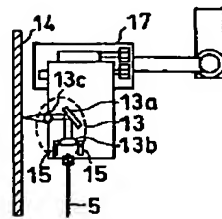
#### 【符号の説明】

1…YAG レーザ装置、2…YAG レーザ光、3…円形アパーチャ、4…集光レンズ、5…光ファイバー、6…ダイクロイックミラー、7…HeNe レーザ装置、8…HeCd レーザ装置、9…HeNe レーザ光、10…HeCd レーザ光、11…ダイクロイックミラー、12…ガイドレーザ光、13…出射光学系、13a…全反射ミラー、13b、13c…凸レンズ、14…炉内構造物、15…ピエゾアクチュエータ、16…ピエゾドライバ、17…遠隔機器、18…遠隔制御装置、19、20…戻り光、21…半透過ミラー、22…ダイクロイックミラー、23…HeCd 干渉フィルター、24…フォトダイオード、25…HeNe 干渉フィルター、26…フォトダイオード、27…制御装置、28…発振器、29、30、31、32…フィルター、33、35…位相差検出器、34、36…二乗検波器、37…計算機、38…シャッタードライバ、39…シャッター、40…同期出力、42、43…YAG レーザ光の戻り光強度、41、44…HeNe レーザ光の戻り光強度、45…HeCd レーザ光戻り光強度、46…HeNe 戻り光の位相差、47…HeCd 戻り光の位相差、48…HeNe 戻り光基本波強度、49…HeCd 戻り光基本波強度、51…レーザ装置、52…照射用レーザ光、53…集光レンズ、54…光ファイバー、55…焦点位置駆動機構、56…集光レンズ、57…表面形状計測センサ、58…制御装置、59…信号処理器、60…Z 軸駆動用アクチュエータ、61…焦点位置駆動機構用ドライバ、62…被照射材、63…被照射材支持台、64…集光レンズ取付け治具、65…XY ステージドライバ、66…XY ステージ、71…YAG レーザ装置、72…YAG レーザ光、73…集光レンズ、74…ステップインデックス型光ファイバー、76…集光レンズ、77…接触式変位計、79…信号処理器、81…超音波距離計、82…信号処理器、86…カメラ、87…フィルター、88…画像信号処理装置、89…ガイドレーザ装置、90…反射ミラー、91…ガイドレーザ光、92…ダイクロイックミラー、96a、96b…ステレオカメラ、97…フィルター、98…画像処理器。

【図1】

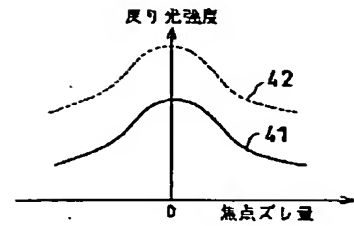


1:YAGレーザー装置  
 7:He-Neレーザー装置  
 8:He-Cdレーザー装置  
 16:ピエゾドライバー  
 18:距離測距装置  
 27:制御装置  
 37:計算機

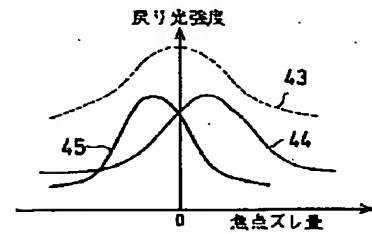


(b)

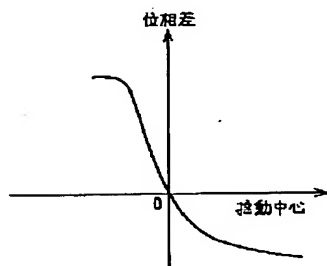
【図2】



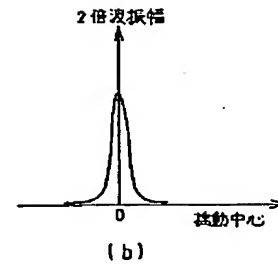
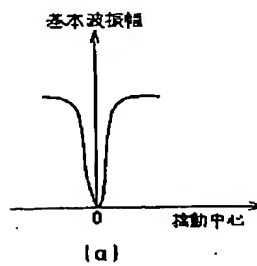
【図5】



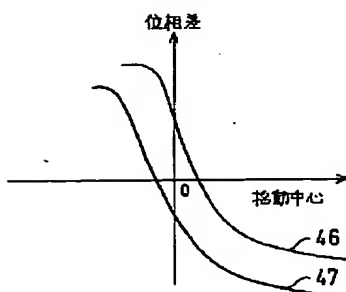
【図3】



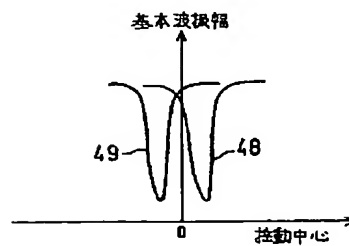
【図4】



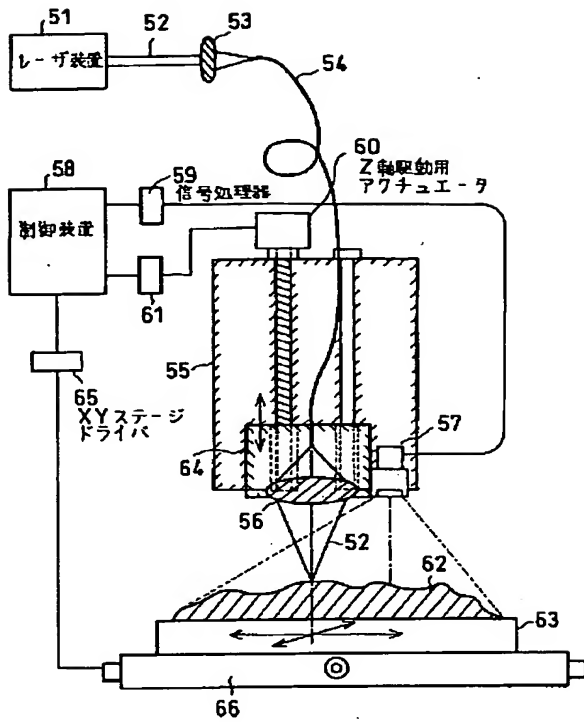
【図6】



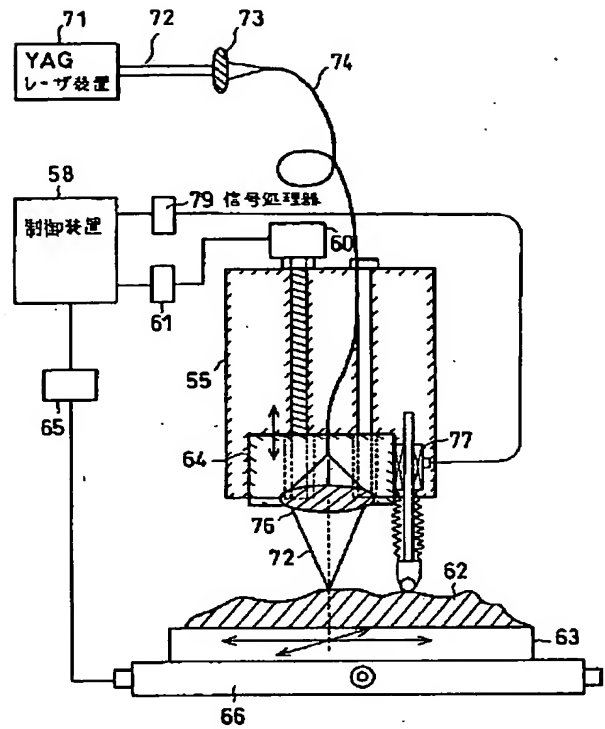
【図7】



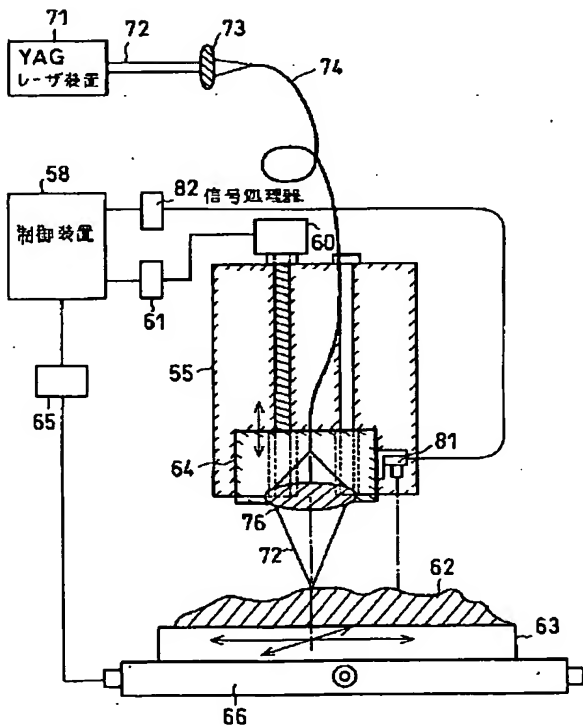
【図8】



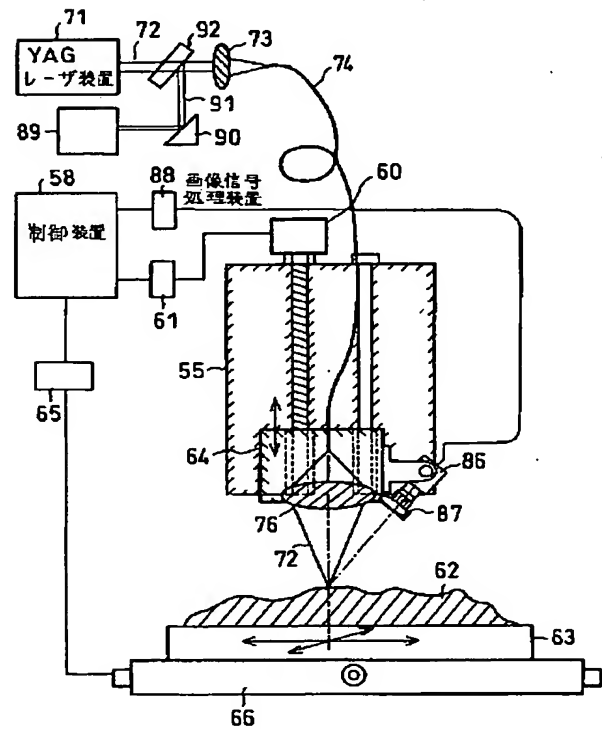
【図9】



【図10】

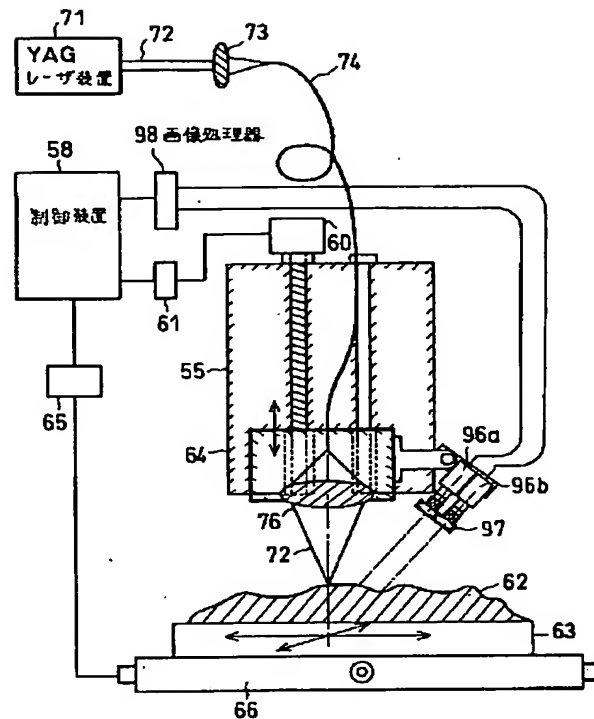


【図11】





【図12】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 S 3/00

識別記号

F I  
G 2 1 D 1/00

テーマコード(参考)

X

(72) 発明者 佐野 雄二  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 岡田 敏  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 穂積 久士  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 伊藤 智之  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 小野 芳明  
神奈川県横浜市鶴見区末広町 2 丁目 4 番地  
株式会社東芝京浜事業所内

(72) 発明者 荻須 達樹  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 廣田 圭一  
東京都府中市晴見町 2 丁目 24 番地の 1 東  
芝アイティー・コントロールシステム株式  
会社内

F ターム(参考) 4E068 AH00 CA11 CB01 CC06 CE08  
DA06  
5F072 AA01 AA03 AB02 JJ20 KK12  
KK15 KK30 MM07 MM08 MM09  
MM19 QQ02 SS06 YY06